

Tapolcai János, PhD
„Megbízható távközlési hálózatok” című
MTA doktori disszertációjának bírálata

Az értekezés témaválasztása

Az értekezés témaválasztása, a távközlési hálózatok megbízhatóságának növelése mind tudományos, mind pedig műszaki-gazdasági szempontból érdekes és kimagaslóan fontos terület. Az Internet rohamos terjedésével ugyanis a fontos alkalmazások mind szélesebb köre épül rá és az esetleges kiesések jelentős gazdasági, sőt komoly társadalmi károkat okozhatnak.

A téma fontosságát jól jellemzi az, hogy ma már a távközlési szolgáltatások nyújtotta infrastruktúra mindinkább meghatározó, a pénzügyi és gazdasági élet szervezésének meghatározó eszközévé vált a kommunikáció.

Az Internet esetében azonban az eredeti kialakítás óta is folyamatosan fejlesztik annak hibatűrését. A nagy megbízhatóságú szolgáltatások tömegszerűvé válása miatt hatékony eszközökre van szükség ahhoz, hogy a gyors hibajavító képesség és a hibatűréshez szükséges redundancia közötti ellentmondó követelményekre optimum közeli megoldások álljanak rendelkezésre.

Tapolcai János disszertációjának fő fókusza a gerinchálózatok szolgáltatásbiztonsága. Kutatása során a dinamikus redundancia-sémák mellett foglalkozott a hiba lokalizáció és javítás kérdésével is.

Az értekezés felépítése és tartalma

Az értekezés 1. fejezete mintegy bevezetesként a központosított hibalokalizálás kérdéskörével foglalkozik. Ez a fejezetet alapvetően megalapozó jellegű. A központi diagnosztika algoritmikusan a legegyszerűbb, gyakorlatilag nehézkes különös tekintettel arra, hogy ma már a nagyméretű hálózatok esetében azok különböző szolgáltatók felügyelete alatt működnek, továbbá, hogy a későbbiekben ismertetett algoritmusai esetében a skálázhatóság szempontjából fontos a meglevő hierarchia kihasználása.

A 2.1 alfejezet röviden áttekinti a hibalokalizálás problematikáját.

A bevezető rész kissé túl tömör és nem teljesen önhordó. Korrekt módon értékeli az irodalmi eredményeket, azonban célszerű lett volna az alapfogalmakat a jobb olvashatóság kedvéért hamarabb bevezetni.

A 2.1.1 alfejezetben a disszertáció a hibamodellt ismerteti. Bár az egyes szakterületek terminológiája eltér és a hivatkozott [32] irodalom még a címében is a „failure” szót használja, *célszerű lett volna a fizikai hiba okot (a hibatűrő számítástechnika szóhasználatára szerint „fault”) és annak a felhasználói oldalán észlelhető hatását („failure”) jobban megkülönböztetni, pl. az IFIP WG20.4 ajánlása szerint*¹.

Az alfejezetben bevezetett monitorozási megközelítések és az előzőekben ismertetett hibamodellek fogalmi-technikai összekötése javíthatta volna az áttekinthetőséget.

A 2.1.1 alfejezetben célszerű lett volna említést tenni két további, a műszaki diagnosztika körében szokásos, egymással összefüggő aspektusról is.

¹ Algirdas Avizienis, Jean-Claude Laprie, Brian Randell, and Carl Landwehr. 2004. Basic Concepts and Taxonomy of Dependable and Secure Computing. IEEE Trans. Dependable Secur. Comput. 1, 1 (January 2004), 11-33.

Ezek egyike a **diagnosztikai felbontás**, azaz az a kérdés, hogy egy összetett rendszerben milyen mélységű diagnosztika (logikai és fizikai hibabehatárolás) a cél és a másik pedig, hogy mi a **javítási stratégia**.

- Számítógéprendszerek esetében a rendelkezésre-állás magas értéken tartása céljából kritikus a javítási folyamat felgyorsítása. Szokásosan első lépésként egy durva diagnosztika alapján egy viszonylag nagyobb, a hibát biztosan tartalmazó részt cserélnék le egy hibátlan tartalékkal a működést helyreállítandó. A működésből kizárt részen belüli finom diagnosztikát így akár lassabban, offline módon is el lehet végezni. Többprocesszoros rendszerek esetében ez a téma terület egyike a nagy klasszikusoknak, az első vonatkozó publikáció 1967-ből származik (PMC modell) és ezt cikkek százai finomították.
- A gerinchálózati menedzsment esetén a diagnosztikai-javítási stratégia ismerete jelentősen befolyásolhatja az algoritmusok célkitűzéseit, illetve hibátűrő topológia felépítését és parametrizálását.

A disszertáció a tökéletes diagnosztikát tűzi célul, amely algoritmikus szempontból a legigényesebb és a legnehezebb. Abban az esetben azonban, ha a javítási stratégia ennél durvább (egy szakasz hibája esetén azt egy a hibás szakaszt is tartalmazó hosszabb út cseréjével maszkolják), akkor az algoritmusok skálázhatósága kevésbé kritikus.

A 2.1.2 alfejezet bevezeti az alapvető jelölésrendszert és megadja a legfontosabb célfüggvényeket. Kissé szokatlan itt a „target function” szóhasználat, szokásosabb az „objective function” terminológia, legalábbis az optimalizálás területén.

A függvények megfogalmazása általánosságban helyes, minőségi argumentációt tartalmaz; ugyanakkor célszerű lett volna néhány gyakorlati példán keresztül bemutatni a felmerülő riasztási kódok stb. tényleges gyakorlati nagyságrendjét. Ennek lényeges szerepe lett volna a matematikai tételekben használt alsó numerikus korlátok gyakorlati szempontból esetekhez képesti pozicionálásában.

Az 1. téziscsoport a központosított linkhiba lokalizálással foglalkozik és

- szuboptimális számú konstrukciót ad m-út konstrukciókra teljes gráfokban (1.1 altézis),
- optimális számú bm-út konstrukciójára kellően összekapcsolt gráfokra (1.2 altézis),
- szuboptimális számú bm-út konstrukciók négyzethálós szerkezetre (1.3 altézis)
- és optimális számú bm-utat használó konstrukciók cirkuláns gráfokra (1.4 altézis).

Valamennyi algoritmus előnye, hogy polinomiális lépésszámúak, így komplexebb feladatok esetén is reális a végrehajtásuk.

Az m-utak kialakításához egy ötletes heurisztikát vezet be, az RCA-RCS heurisztika alapján, amely 3-4 nagyságrendnyi gyorsítást jelent az m-út megoldások megkeresésében (1.5 altézis).

A kidolgozott algoritmusokat értékes hozzájárulásnak és új tudományos eredménynek tartom.

Kiemelkedően értékes a széles körű, benchmarkon alapuló hatékonysági kiértékelés, de *célszerű lett volna a tézisek előtt utalni arra, hogy a speciális hálózati topológiákról szóló feltételezéseknek mi a gyakorlati megalapozása.*

A túlságosan tömör fogalmazás miatt az önmagában is jelentős tudományos eredménynek tekinthető kiértékelési munka azonban kissé nehezen követhető².

Értékes résznek tartom a topológiai diverzitás hatásának elemzését, azonban hiányolom az itt elvégzett, önmagukban jó metodikájú értékelésnél a mintapopuláció kiválasztása melletti argumentációt, azaz *kérdezem, hogy a gyűrűtől a teljesen hálózott architektúrákig ívelő kísérletsorban mi adja a vizsgált minták reprezentativitását, illetve ezek a szintetikus benchmarkok hogyan viszonyulnak a jelölt által megjelölt 5.000 topológiai hálózathoz.*

Ez utóbbi megjegyzések elsősorban a kontextus prezentációjára utalnak, és nem kérdőjelezik meg alapvetően az eredmény tudományos értékét.

Az 1.6 altézist megalapozó 2.3 alfejezet az előzőekben ismertetett alapötletet bonja ki többszörös hibák esetére a CGT-GCS heurisztika felhasználásával. A véletlen topológiákon elvégzett kísérletek megmutatják a módszer hatékonyságát és jó skálázhatóságát. A 2.22 ábrásor ugyanakkor kissé nehezen áttekinthető.

A mohó kódcserén alapuló algoritmus esetében is felmerül ugyanaz a kérdés, mint a korábbiakban a véletlen kódcsere esetében, hogy a véletlenül kiválasztott benchmark populáció mennyiben tekinthető reprezentatívnak a tervezett struktúrájú hálózatok gyakorlati esetére.

A fentiek alapján az 1. téziscsoportot és altéziseit elfogadásra javaslom. Ugyanakkor hangsúlyosan kérem, hogy a fentiekben megfogalmazott kérdésekre a jelölt írásos válaszában, illetve a szóbeli védésen térjen ki.

Az értekezés 3. fejezete az egyszeres hibák elosztott behatárolásával foglalkozik hálótopológiájú, tisztán optikai hálózatokkal.

Az egyértelmű hibabehatárolás különösen nagy kiterjedésű hálózatokban olyan mértékű méréssel és/illetve mérési eredmények kommunikációjával jár, amely nagyméretű hálózatok esetében a tisztán központosított diagnosztikát még nagy tömörítés esetében is irreálissá teszi, különösen gyors diagnosztika igénye esetén.

A megoldás technológiai megalapozása jó, az egyes csomópontok esetében az alap hipotézis megfelelő.

A fejezet újfent alapvetően matematikai konstrukciójú gráfokra épít és hasonlóan a korábbiakhoz ezek reprezentativitását nem vizsgálja részletesen.

A 2.1 altézis korlátokat ad az m-utak számára, amely megalapozza a hálózat szintű egyértelmű diagnosztikát a lokális csomópontok alapján.

A 2.2 altézis költségoldalról vizsgálja a csoporttesztekből épített tesztkészlet költségvonzatát.

A 2.3 altézis polinom idejű algoritmusokat ad speciális struktúrákra.

² (nehézséget jelentett a bíráló számára a 28. oldal alján a „Note that ...” kezdetű mondat megértése is)

A 2.4 altézis a korábbiakhoz képest hatékonyabb heurisztikus algoritmusokat közöl véletlen feszítőfa és mohó link csere alapján a hálózatszintű egyértelmű diagnosztikára.

Erre a téziscsoportra is alapvetően igaz, hogy elsősorban véletlen, de adott topológiájú gráfokra igazolja a hatékonyságot anélkül, hogy annak reprezentativitását igazolná.

Az eredmények egy része itt azonban általános, részben topológiafüggetlen gráf tulajdonságokon alapul, így gyakorlati alkalmazási köre is szélesebb.

A 2.5 altézis azt mutatja meg, hogy kellően kis redundancia esetén is a monitorozás elvégezhető a rendelkezésre álló tartalék kapacitás felhasználásával *(a 2.5 altézis megfogalmazása a téziszfüzetben lényegesen kevésbé érthető, mint az annak alapján képező 16. tételé a disszertációban)*.

Összességében a korábbi téziscsoportnál említett kérdéseim és kisebb mértékben fenntartásaim megismétlésével a 2. téziscsoportot önálló eredményként elfogadom.

A disszertáció 5. fejezetétől kezdve az IP hálózatok helyreállításával foglalkozik a hurokmentes alternatívák és védelmi utak módszerét alapul véve és erre építi rá a 3. téziscsoportot.

A 3.1 altézis a csomópontok és átlagos csomóponti fokszámaira alapulva ad védettségi mértéket, amely a védett pontpárok számának relatív fedettségére jellemző.

A 3.2 altézisben a hurokmentes topológia bővítési problémáról bizonyítja, hogy NP-nehéz. *A tézist érdemes lett volna kibővíteni a téziszfüzetben alatta levő bekezdéssel és ez ügyben is esetlegesen szimulációs vizsgálatok eredményét közölni.*

A 3.3 altézis azt a műszakilag nem meglepő tételt mondja ki, hogy két pont független feszítőfa esetén a hálózat védhető.

Összességében a 3. téziscsoportot önálló eredményként elfogadom.

A disszertáció lényegében az új eredmények listázásával zárul, nem tartalmazza a jövőbeli kutatásokra való kitekintést, illetve a gyakorlati alkalmazások bemutatását.

A disszertáció általános értékelése

A disszertáció kivitelezése gondos, bár az ábrák több helyen túlszűfoltak és túlságosan kicsik. A disszertáció angol nyelvezete problémamentesen olvasható.

Maga a disszertáció gondolatmenete világos, de a prezentáció - különösen a nem szűkebb szakterületről érkező olvasó számára - túl tömör.

Célszerű lett volna, ha a jelölt a téziseit és a disszertáció szerkezetét jobban harmonizálta volna, valamint ha a tézisek nem az értekezés legvégén egybegyűjtve, hanem a vonatkozó fejezetek végén mintegy összefoglalásképpen jelentek volna meg.

A felépítése erősen támaszkodik a matematikai apparátusra és a gyakorlati feladatokhoz való kötés esetleges. Értéke a nagyszámú matematikai szimulációs vizsgálat, de hiányzik belőle a szimulációs kísérletek gyakorlat szempontjából történő reprezentativitásának alátámasztása.

A vizsgálati fókusz alapvetően a linkhibákra terjed ki, de nem fedi le a disszertáció 2.1.1 pontjában helyesen összefoglalt többi hibát.

Az értekezés valamennyi érdemi állítását a jelölt gazdag publikációs tevékenysége keretében alátámasztotta.

Javaslat

Összességében Tapolcai János disszertációját értékes, valamennyi tézisében új tudományos eredményt felmutató munkának tartom. Az értekezés téziseit alapvetően elfogadom, de kérem, hogy a bírálóban ismertetett kérdésekre írásos válaszában térjen ki részletesen.

Az értekezés nyilvános vitára való bocsájtását javaslom.

Kérdések:

1. Milyen kapcsolat van a gyakorlati gerinchálózatok és a benchmark alapjául szolgáló vizsgálati minták között?
2. Milyen módon terjeszthetők ki az ismertetett eredmények akkor, ha a hálózat vizsgálati modellje hierarchikus?
3. Mit lehet mondani a többi hibafajta felderítéséről, előfordulhat –e hogy hamis diagnózishoz vezet egy a jelenlegi hibamodell által nem fedett hiba (pl. egy csomópont hibája hamisan jelenik meg linkhibaként)?
4. Hogyan változik a problémakör, ha nem a teljes egylépes diagnosztikát, hanem egy nagyobb linkhalmazt fedő durva diagnosztikát és átkonfigurálást, illetve ha szekvenciális diagnosztikát tűzünk célul?

Budapest, 2013. október 21.

Dr. Pataricza András
az MTA doktora